

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і мехатроніки

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ О. Ф.Луговський
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

з спеціальності **131 Прикладна механіка**
(код і назва)

На тему: Пневмомеханічний генератор коливань з керованими характеристиками

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-61-2
(шифр групи)

Турик Віталій Анатолійович _____
(підпис)

Керівник Професор Узунов Олександр Васильович _____
(підпис)

Консультант з охорони праці ст.. викладач Ковтун А.І. _____
(підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н.доц. Кореньков В.М. _____
(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
Проекті немає запозичень з праць інших
Авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут механіко-машинобудівний

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і мехатроніки

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.Ф. Луговський

(підпис)

(прізвище ініціали)

« _____ » _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
На дипломний проект студенту**

Турику Віталію Анатолійовичу

1. Тема проекту: Генератор механічних коливань з керованими характеристиками

керівник проекту Узунов Олександр Васильович професор
затверджена наказом по університету від «20» травня 2020 року № 1120-с

2 Термін подання студентом проекту 11 червня 2020 р.

3 Вихідні дані до проекту Тиск живлення – 2...6 бар. Максимальна амплітуда коливань – 250мм. Максимальна частота коливань не менше 5 Гц. Живлення апаратів керування – 24В.

4 Зміст пояснювальної записки: 1. Мета та задачі проекту. 2. Аналіз стану питання 2.1. Аналіз практики предметної області 2.2. Аналіз стану науки і техніки 2.3. Розгляд конкуруючих варіантів 2.3.1. Аналіз придатності резонатора Гельмгольца 2.3.2. Критика резонатора Гельмгольца 2.3.3. Аналіз керування пневмоприводом за допомогою регулювання вихлопу 2.3.4. Критика

керування пневмоприводом за допомогою регулювання вихлопом 2.3.5. Огляд конструктивних схем напрямних і регулювальних пристроїв

3. Розрахункова частина 3.1. Розрахунок головного (силового) пневмоциліндра
4. Вибір конструктивної схеми 4.1. Вибір конструктивної схеми силового пневмоциліндра 4.2. Вибір конструктивної схеми пілотного пневмоциліндра 4.3. Вибір стандартних частин

5. Розділ охорони праці 5.1. Загальна характеристика мікроклімату робочої зони 5.2. Освітлення робочого приміщення 5.3. Електробезпека 5.4. Пожежна безпека. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

Пояснювальна записка , Схеми – 1, Загальні види – 1, Складальні креслення – 3, Креслення деталей – 2, Специфікації – 4.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Охорона праці	Ст. викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	Доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 20.02.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання до дипломного проектування	20.02.2020– 24.02.2020	Виконано
2	Розробка проекту	28.02.2020– 20.03.2020	Виконано
3	Проходження практики	18.04.2020– 16.05.2020	Виконано
4	Робота над проектом та використання креслень	17.05.2020– 08.06.2020	Виконано
5	При дипломний захист	09.06.2020– 10.06.2020	Виконано
6	Доопрацювання проекту	11.06.2020– 18.06.2020	Виконано
7	Захист дипломного проекту	19.06.2020– 20.06.2020	

Студент

(підпис)

Турик В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Узунов О.В.

(прізвище та ініціали)

Анотація

В даному дипломному проекті було розглянуто та теоретично опрацьовано пневмомеханічний генератор коливань зі змінними характеристиками в даному випадку це можливість керувати амплітудою та частотою. Розглянувши приклади існуючих механізмів в яких можливо змінювати ту чи іншу характеристику було представлено механізм, який своїм функціоналом зможе вирішити задачі поставлені у даному проекті. Також було представлено альтернативи які були використані як зразок для написання даного дипломного проекту і підштовхнули до знайдення рішення задач які були поставлені.

Через складність даної роботи і умов світової пандемії створити робочий прототип було неможливо тому представлена інформація у вигляді теоретичного матеріалу який може бути використаний у майбутніх випробуваннях на практиці.

Було проведено розрахунки та розроблено креслення механізму та елементів його керування.

Цей проект містить два аркуші формату A0, один аркуш A1 і два аркуші A3. На них зображено: загальний вигляд механізму в ізометрії та вигляди його компонентів також до проекту додано пояснювальну записку з розрахунками. В додатку є специфікації до деяких частин механізму та до деяких компонентів.

Annotation

In this diploma project the pneumomechanical generator of oscillations with variable characteristics in this case is an opportunity to control amplitude and frequency was considered and theoretically worked out. Having considered examples of existing mechanisms in which it is possible to change this or that characteristic the mechanism which by the functionality will be able to solve problems set in the given project was presented. Alternatives that were used as a model for writing this thesis project and prompted to find solutions to the problems that were set were also presented.

Due to the complexity of this work and the conditions of the global pandemic, it was impossible to create a working prototype, so the information is presented in the form of theoretical material that can be used in future tests in practice.

Calculations were made and drawings of the mechanism and its control elements were developed.

This project contains two sheets of A0 format, one sheet of A1 and two sheets of A3. They show: the general view of the mechanism in isometry and the views of its components also an explanatory note with calculations is added to the project. The appendix contains specifications for some parts of the mechanism and for some components.

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: ПНЕВМОМЕХАНІЧНИЙ ГЕНЕРАТОР КОЛИВАНЬ З КЕРОВАНИМИ
ХАРАКТЕРСТИКАМИ

Київ – 2020 рік

ЗМІСТ

1.	Мета і задачі проекту	10
2.	Аналіз стану питання	10
2.1.	Аналіз практики предметної області	11
2.2.	Аналіз стану науки і техніки	11
2.3.	Розгляд конкуруючих варіантів	12
2.3.1.	Аналіз придатності резонатора Гельмгольца	12
2.3.2.	Критика резонатора Гельмгольца	15
2.3.3.	Аналіз керування пневмоприводом за допомогою регулювання вихлопу	17
2.3.4.	Критика керування пневмоприводом за допомогою регулювання вихлопу	18
2.3.5.	Огляд констуктивних схем напрямних і регулювальних пристроїв	18
3.	Розрахункова частина	30
3.1.	Розрахунок головного (силового) пневмоциліндра	34
4.	Вибір конструктивної схеми	39
4.1.	Вибір конструктивної схеми силового пневмоциліндра	39
4.2.	Вибір конструктивної схеми пілотного пневмоциліндра	43
4.3.	Вибір стандартних частин	45
5.	Розділ охорони праці	46
5.1.	Загальна характеристика мікроклімату робочої зони	
5.2.	Освітлення робочого приміщення	47
5.3.	Електробезпека	49

					МА61204.00.00.00ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пневмомеханічний генератор коливань з керованими характеристиками					Літ.	Арк.	Акрушіє		
Розроб.		Турик В.А.										8	51	
Перевір.		Узунов О.В.								НТУУ «КПІ» ім. І. Сікорського				
Реценз.														
Н. Контр.														
Затверд.														

5.4.	Пожежна безпека будинку	50
	Література	42

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУ

Метою даного бакалаврського проекту є синтез генератора коливань зі змінною частотою та амплітудою

Задачами проекту, які потребують вирішення, є аналіз стану питання та оцінка конкуруючих варіантів, вибір принципової схеми генератора, розробка принципових схем його підсистем, розрахунок енергетичних, кінематичних, динамічних та інших параметрів, детальне конструювання підсистем.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

2.1. Аналіз практики предметної області

На сучасному етапі розвитку науки і техніки застосування коливань і вібрацій набуло значного поширення в найрізноманітніших галузях. Це в першу чергу стосується підводної акустики та локації, а також систем підводного зв'язку. Також у розведенні риб у морських затоках і фіордах набувають поширення так звані “акустичні паркани” для утримання косяків риби у заданих ділянках. Генерування акустичних хвиль необхідної частоти і амплітуди є необхідною умовою реалізації подібних систем. Другою такою галуззю є геологічна розвідка та видобування корисних копалин. Причому акустичні хвилі, коливання та вібрації використовуються як для визначення контурів мінеральних покладів, так і в силових приводах бурових установок, тощо. Вкрай суттєвим є використання коливань і вібрацій у хімічній промисловості та в інших галузях, де вимагається діяння на рідку, або сипку речовину (сортування, очищення, переміщення, тощо). Також можна згадати машинобудування, де коливання і вібрації використовуються для приводу різального інструмента, шліфування, тощо.

2.2. Аналіз стану науки і техніки

Ключовим моментом реалізації подібних систем є розробка генератора коливань. На сьогодні є відомим і використовується широкий діапазон таких пристроїв, що ґрунтуються на різних фізичних принципах: п'єзоелектричному, механічному, електромагнітному, гідравлічному, акустичному (резонатор Гельмгольца), тощо. Вибір типу генератора диктується умовами застосування та призначенням технічної системи. У наземних умовах, в цілому ряді галузей вкрай привабливим є використання генераторів з пневматичним приводом.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Перевагами його є відносна простота конструкції, низька вартість, надійність роботи у великому діапазоні температур та умов роботи, легкість отримання та відносна простота передачі енергоносія (стисненого повітря) та відносна безпека у використанні (щодо пожежі, вибуху, ураження електрострумом), тощо.

Метою даного бакалаврського проекту є синтез генератора саме зі змінною, тобто керованою частотою та амплітудою коливань. Отже дана система в процесі роботи має регулюватися за двома параметрами. Ця вимога є визначальною при виборі технічного рішення для реалізації даної системи. Зазвичай двигуни та інші пристрої для перетворення енергії регулюються за одним параметром. Наприклад, двигуни внутрішнього згоряння регулюються за частотою обертання колінчастого вала. Аналог амплітуди коливань в них — величина крутного моменту визначається навантаженням та конструктивними параметрами двигуна. Управління двигуном виконується за допомогою одного пристрою — дросельної заслінки подачі палива.

2.3 Розгляд конкуруючих варіантів.

2.3.1 Аналіз придатності резонатора Гельмгольца.

Резонатор — це коливальна система, в якій відбувається накопичення енергії за рахунок резонансу з силою, що вимушує (реакцію, коливання, тощо). На цьому принципі ґрунтується так званий резонатор Гельмгольца: акустичний прилад, що являє собою посудину (в оригінальному вигляді сферичної форми) з відкритою горловиною. Для даного пристрою є характерним явище резонансу. Воно означає зростання амплітуди коливань повітря в порожнині.

В сучасному вигляді струменевий резонатор Гельмгольца являє собою камеру з жорсткими стінками і двома круглими отворами, розташованим

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

співосно на двох протилежних стінках, проходячи крізь ці отвори, струміль може протікати крізь камеру [1]. При певних швидкостях струменя нестійкі утворення в ньому починають взаємодіяти зі стінками резонатора, викликаючи дуже потужні коливання тиску в камері, з частотою, що дещо перевищує власну акустичну

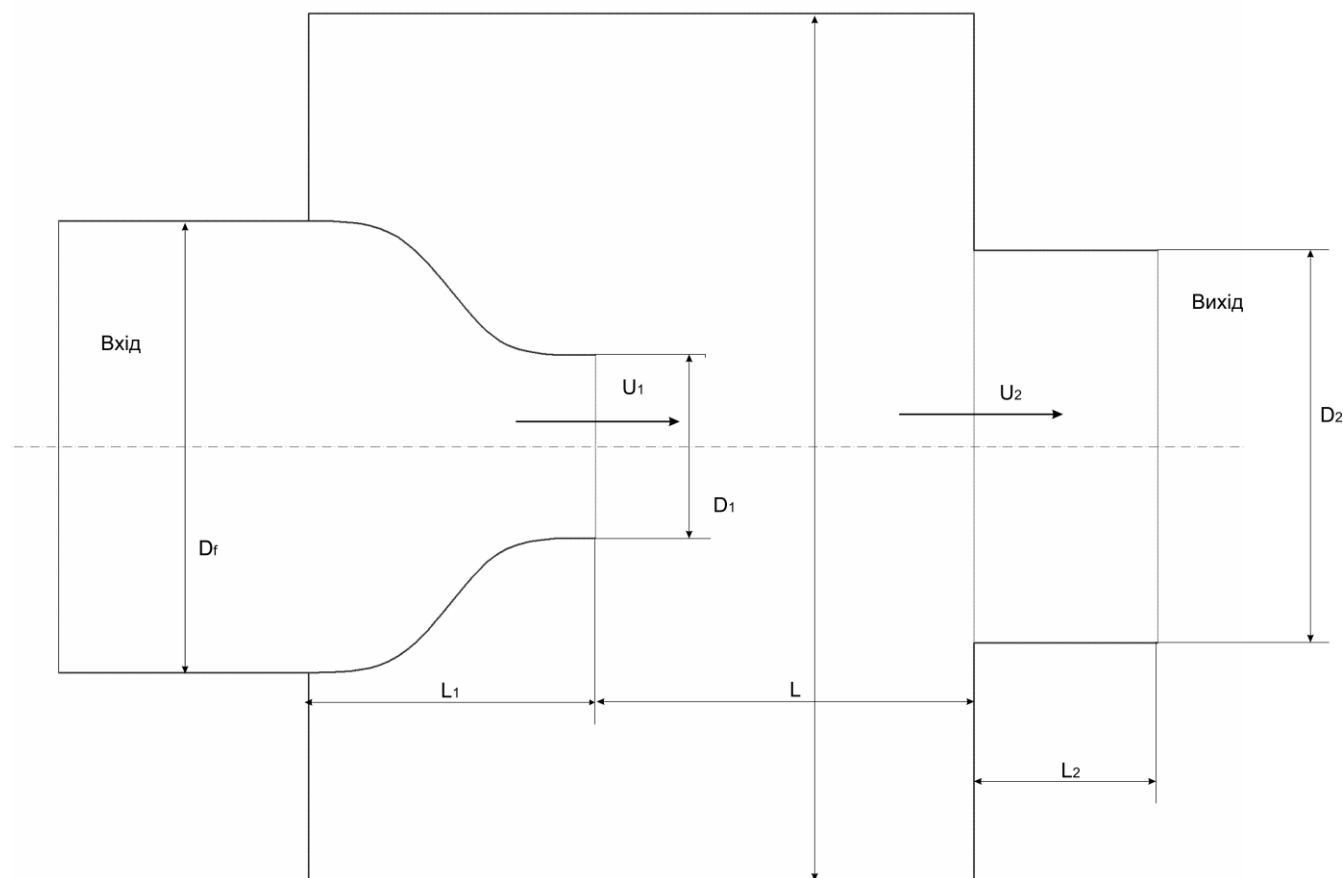


Рисунок 1 — Схема резонатора на основі резонансної камери Гельмгольца

частоту камери. Амплітуда подібних коливань може сягати величини, що перевищує швидкісний напір струменя у 5,6 рази. Водночас на тій самій частоті пульсує вихідний потік з амплітудою пульсацій, що сягає 60% швидкості витікання струменя, і випромінюється гучний звук. Камера, разом з отворами, працює, як резонатор Гельмгольца, реагуючи на поле тиску в струмені, і

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викликаючи коливання тиску в камері на частоті, близькій до власної акустичної частоти камери. В публікаціях на дану тему відзначається вигідна властивість резонатора Гельмгольца, яка полягає на відсутності рухомих елементів конструкції. Що обіцяє тривалу довговічність конструкції. Механізм генерації коливань полягає у такому. Струмін з сопла на вході діаметром d_1 рухається через осесиметричну порожнину камери діаметром D_k і далі виходить у навколишнє середовище через вихідне сопло d_2 . Діаметр струменя набагато менше, аніж діаметр порожнини, і внаслідок цього швидкість у струмені набагато вище, аніж у порожнині. Це призводить до сильних зсувних зміщень на межі розділу між двома потоками. Внаслідок в'язкості середовищ на межі відбувається обмін кількістю руху між двома потоками. Результатом зсувної течії є утворення вихрових кілець. Спів-ударяння цих упорядкованих осесиметричних збурень з крайкою вихідного сопла (d_2) викликає періодичні імпульси тиску. Дані імпульси селективно підсилюються у камері Гельмгольца і просуваються угору по потоку до зони відриву. При вдалому виборі довжини камери випромінювача збурення досягає зони входу струменя до камери в момент генерації наступного вихору, і цикл самозбудження повторюється. Механізм взаємозв'язку є аналогічним до інших видів взаємодії струменя з перешкодою. В основі багаточисельних газо-струменевих випромінювачів звука лежить явище звукоутворення, що виникає при натіканні струменя газу на клин. Більша частина їх відноситься до систем клиновий тон – резонатор; менша – клиновий тон – відбивач. Причому частота клинового тону підвищується зі збільшенням швидкості струменя та зі зменшенням відстані між клином і соплом. Спектр клинового тону є лінійним. В роботі [10] запропоновано використовувати резонатор Гельмгольца зі струменевим збудженням для руйнування гірських порід за рахунок ефекту кавітації, що виникає при витіканні струменя з резонатора. Також рекомендовано застосування подібних пристроїв в якості свердловинних генераторів коливань для діяння на

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивні пласти при видобуванні нафти. Наведено співвідношення геометричних параметрів, які необхідно витримати для ефективної генерації коливань, а саме діапазони: $D_2/D_1=1...2,1$; $V/D_1^3=14...350$; $L/D_1=0,5...7$; $L_1/D_1=0...2$; $D_f/D_1=2,5...10$; $L_2/D_1=0...7$; $D_t/D_1=4...8$.

2.3.2. Критика резонатора Гельмгольца

Слід зауважити, що дане технічне рішення підкуповує своєю дотепністю і простотою. (І саме воно розглядалося в якості прототипу на початковому етапі даного дослідження). Можна передбачити для нього успішне майбутнє — але в тих областях застосування, де є важливим самий факт наявності механічних коливань з максимально досяжним енергетичним рівнем. У видобуванні корисних копалин, будівництві, машинобудуванні, хімічній промисловості, тощо. Але, зазначимо, що в обговорюваній публікації питання про керування саме частотою коливань не ставилося. І можливість точного і плавного керування частотою резонансних коливань камери Гельмгольца іще під запитанням, в силу недостатньої вивченості проблеми. І справді: припустимо, що особливо успішно відібравши конструктивні параметри подібного резонатора, поталанило досягти резонансних коливань дуже високого енергетичного рівня, на якійсь фіксованій частоті. Але це зовсім не означає, що змінивши котрийсь із параметрів такої конструкції, вдасться досягти резонансу з таким же порядком енергетичного рівня на якійсь іншій частоті. Тим паче, плавно і точно керувати частотою резонансу. Бо описані резонансні явища є плодом складних і нелінійних процесів взаємодії турбулентних потоків газів. І окрім описаних автором обговорюваної публікації, взаємодія потоків та її наслідки залежать також від інших конструктивних, технологічних та фізичних чинників. Наприклад, шерехатості внутрішньої поверхні каналів і камери, жорсткості і частоти власних механічних коливань елементів конструкції,

можливих дефектів поверхні та асиметрії монтажу аеродинамічного клину, тощо. Якщо вплив цих чинників виявиться суттєвим, слід очікувати появу хаотичних коливань та вторинних паразитних хвиль — як це має місце, наприклад, при хвилюванні штормового моря. Асиметрія аеродинамічного клину, наприклад, може викликати сходження вихорів з різною частотою — які непередбачуваним чином взаємодіятимуть один з одним, з елементами конструкції та іншими вихорами — породжуючи хаотичні пульсації не лише за амплітудою, а й за частотою. Взагалі, за твердженням фахівців аеродинаміки, динаміка турбулентних потоків поки ще є найменш вивченим підрозділом цієї дисципліни. Навіть при наявності могутніх комп'ютерних методів розрахунку, в динаміці турбулентних потоків донині переважають розрахунково-експериментальні методи, з наголосом саме на експериментальній частині. Залишаючи розрахункові тільки обробку експериментальних результатів. При суто теоретичному ж підході похибка обчислень (у порівнянні з експериментальними даними) може сягати навіть 100% і більше. Більш простішою за фізикою явищ, більш вивченою і керованою є надзвукова аеродинаміка. Але використання надзвукових потоків газів є вкрай не вигідним з економічної точки зору (з-за енерговитрат у 5-6 разів більше, аніж на дозвукових швидкостях), так і не прийнятним з точки зору практичної експлуатації (з-за вкрай високого рівня шуму).

Іще складнішою є справа з керуванням амплітудою коливань, породжених резонатором Гельмгольца. Якщо пульсацію частоти можна тільки припускати, то пульсація рівня амплітуди коливань (з-за хаотичного і нерівномірного протікання турбулентного потоку) є цілком очевидною і не потребує додаткових доказів.

За умовами завдання, генератор коливань повинен мати плавне і точне регулювання як за частотою, так і за амплітудою цих коливань — а також має підтримувати задану частоту і амплітуду з заданим рівнем точності. Очевидно,

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

що сучасний рівень розвитку науки і техніки, в частині, що стосується резонаторів Гельмгольца і подібних йому пристроїв, поки що не дозволяє використати їх для вирішення поставленої тут задачі. І що даний напрямок потребує значного обсягу теоретичних і експериментальних досліджень.

2.3.3. Аналіз керування пневмоприводом за допомогою регулювання вихлопу. Дана конструктивна схема полягає в тому, що в ній здійснюється регулювання потужністю, яку виробляє пневматичний виконавчий пристрій (пневмоциліндр) через регулювання величини потоку вихлопу. Стиснене повітря вільно протікає до перед-поршневого простору циліндру. На вихідному каналі пневмоциліндра встановлюють регульований дросель змінного перетину. Збільшення площі прохідного перетину дроселя тягне за собою збільшення секундної витрати повітря через нього — відповідно, до збільшення перепаду тиску між перед- і за-поршневим простором пневмоциліндра, і до збільшення зусилля, яке пневмоциліндр розвиває на штоці. Зменшення площі прохідного перетину призводить до того, що через нього в змозі пройти менший потік повітря. Воно з меншою швидкістю витікає з-під поршня пневмоциліндра і, відповідно, створює більший опір рухові поршня. Отже, зусилля на штоці пневмоциліндра зменшується. Також є можливим керування роботою пневмоциліндра за допомогою клапана швидкого вихлопу. Для цього на вихлопному каналі пневмоциліндра встановлюється додатковий клапан (логічне “АБО”). Якщо повітря з пілотного (керуючого) розподільника подається на перший вхід клапана, золотник є притиснутим до торця штуцера прямого вихлопу, блокуючи його. Натомість відкритим виявляється штуцер каналу, який веде до регульованого дроселя, і через нього на вихлоп. І тому потік відпрацьованого повітря з пневмоциліндра, а з ним і тиск протидії у пневмоциліндрі, регулюється дроселем. Якщо ж повітря з пілотного (керуючого) розподільника подається на другий вхід клапана, золотник

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						177
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пересувається в протилежне положення, і є притиснутим до торця штуцера вихлопу через дросель, блокуючи його. Натомість відкритим виявляється штуцер каналу прямого вихлопу. Потік відпрацьованого повітря без перешкод витікає з пневмоциліндра, тиск протидії є мінімальним, і пневмоциліндр працює з максимальною потужністю. Такий пристрій забезпечує двох-режимну роботу пневмоциліндра: або з регульованою величиною зусилля на штоці, з поміркованою потужністю, або з максимальною потужністю.

2.3.4. Критика керування пневмоприводом за допомогою регулювання вихлопу.

Слід зазначити, що дана конструктивна схема не є придатною для застосування в нашій задачі. Бо, по-перше, частота і амплітуда в ній нелінійно пов'язані між собою. Отже, неможливо одночасно керувати і амплітудою, і частотою. По-друге, при змінній протидії на штоці пневмоциліндра (при одній і тій самій потужності, яку розвиває пневмоциліндр), і амплітуда, і частота змінюватимуться. І зміна перетину дроселя, на регульованому режимі, дозволить змінити і частоту, і амплітуду водночас, причому співвідношення їх прирощення, або зменшення є непередбачуваним. А на режимі прямого вихлопу вплинути на частоту і амплітуду вже не вдасться, і вони цілком визначатимуться величиною корисного навантаження (протидії робочого інструменту на штоці).

2.3.5. Огляд конструктивних схем напрямних і регулювальних пристроїв

Функціональне призначення пневматичних елементів, що утворюють напрямну і регулювальну підсистему пневмопривода, полягає в управлінні енергією стисненого повітря, що надходить від джерела (компресорної станції) до споживачів (виконавчих механізмів). У напрямних і регулювальних пристроях вплив на потік стисненого повітря здійснюється за допомогою

рухливих запірно-регулювальних елементів (ЗРЕ). Призначення запірно-регулювального елемента, незалежно від конструктивного виконання, полягає у зміні величини прохідного перетину каналу, через який рухається повітряний потік; при цьому дана зміна може бути як дискретною (канал замкнений - канал відкритий), так і плавно-безперервною. Дискретний режим роботи є характерним для прямої і запірної апаратури, а в регулювальній апаратурі запірно-регулювальний елемент постійно перебуває в «плаваючому» режимі. В залежності від способу впливу запірно-регулювального елемента на потік стисненого повітря, практично всі пристрої, що входять в пряму і регулювальну підсистему пневмоприводів, підрозділяються на два великі класи: апаратуру клапанного типу і апаратуру золотникового типу.

Від типу конструктивного виконання апарату (клапанний або золотниковий) залежать характеристики процесу його перемикання (зусилля, довжина ходу ЗРЕ), ступінь герметичності, рівень вимог до чистоти робочого середовища і необхідність у змащуванні. В апаратурі клапанного типу запірно-регулювальний елемент переміщається уздовж осової лінії потоку. Переваги такого конструктивного рішення очевидні: забезпечення повної герметичності при відсіканні однієї пневмолінії від іншої, знижена чутливість до впливу забруднювачів, можливість роботи без мастила, а також високу швидкодію (незначне переміщення ЗРЕ призводить до істотної зміни площі прохідного перетину).

До недоліків апаратури клапанного типу можна віднести необхідність докладання значних зусиль для переміщення ЗРЕ, що пов'язано з необхідністю подолання сил, що виникають від тиску стисненого повітря на ЗРЕ, або сил опору пружин, що притискають ЗРЕ до сідла клапана.

В апаратурі золотникового типу ЗРЕ переміщається перпендикулярно осовій лінії потоку. Зусилля, обумовлене тиском стисненого повітря на ЗРЕ (золотник), не приводить до якого-небудь його зміщення, тому сили тиску на

торці золотника врівноважені (золотник розвантажений). Для переміщення ЗРЕ необхідно подолати тільки сили тертя між ним і корпусом.

Для повного відкриття робочого каналу золотник необхідно перемістити, як мінімум, на величину діаметра каналу (на що потрібно витратити певний час). Зазор між золотником і розточуванням корпусу є «вузьким» місцем, з огляду на можливість засмічення зазору і заклинювання золотника.

Для управління невеликими за величиною витрати потоками стисненого повітря слід використовувати переважно апаратуру клапанного типу; а апаратуру золотникового типу - для управління потоками повітря з великою витратою.

2.3.5.1. Пневматичні розподільники

Пневматичні розподільники (пневморозподільники) відносяться до напрямної апаратури і призначені для керування напрямком руху потоків стисненого повітря. Управління здійснюється шляхом зміни (при перемиканні) схеми з'єднання внутрішніх каналів розподільника з вхідним і вихідними приєднувальними отворами. Функціональні можливості розподільників характеризуються рядом параметрів: кількістю робочих каналів, кількістю позицій перемикавання, нормальною позицією, способом управління і пропускною здатністю.

Рухомий запірний елемент може займати дві дискретні позиції, що відповідають двом станам пневморозподільника:

- 1) «прохід повітря закритий»;
- 2) «прохід повітря відкритий». При цьому запірний елемент може комутувати між собою дві лінії:
 - 1) лінію живлення (вхід);
 - 2) лінію споживача (вихід). Відповідно даний розподільник можна назвати двох-лінійним і двох-позиційним.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Для характеристики можливості розподільників щодо комутації каналів, застосовують дробове цифрове позначення, де в чисельнику вказують кількість комутованих ліній, а в знаменнику - кількість можливих позицій. На принципових схемах розподільники зображують так, щоб лінії зв'язку (зовнішні пневматичні лінії) були підведені до того квадрату, який позначає вихідну позицію розподільника. У зв'язку з тим що в пневматичних приводах, на відміну від гідравлічних, немає потреби у зворотній зливній магістралі, якою відпрацьоване мастило повертається до системи, повітря можна скидати безпосередньо в атмосферу.

Для управління пневмоциліндрами односторонньої дії застосовують пневморозподільник, який має можливість комутувати лінії живлення, споживача і вихлопу. 3/2-пневморозподільник комутує між собою три робочих лінії:

1 — трубопровід;

2 - лінію споживача;

3 - лінію вихлопу. При цьому сам розподільник може займати дві позиції: живлення перекрите, споживач підключений до вихлопу; стиснене повітря надходить до споживача, вихлоп перекритий.

Очевидно, що для управління пневмоциліндрами двосторонньої дії будуть потрібні більш складні розподільники, оскільки в цьому випадку потрібно забезпечувати перерозподіл потоків стисненого повітря між двома робочими порожнинами виконавчого механізму і скидання з них відпрацьованого повітря.

2.3.5.2. Чотирьох-лінійний двох-позиційний пневморозподільник

(4/2-пневморозподільник) дозволяє по черзі подавати стиснене повітря з магістралі високого тиску по робочим каналах, або в одну з порожнин пневмоциліндра з одночасним з'єднанням іншої з атмосферою. На практиці для управління пневмоциліндрами двосторонньої дії найбільш широко використовують 5/2-пневморозподільники. Для вирішення більш складних

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завдань управління пневмоциліндрами використовують трьох-позиційні розподільники, що мають більш широкі функціональні можливості. Це пов'язано з тим, що такі розподільники дозволяють здійснити не два, а три варіанти комутації пневмоліній.

Перемикання пневморозподільників з однієї позиції в іншу здійснюється переміщенням їх ЗРЕ за допомогою зовнішніх керувальних впливів. Розрізняють такі види управління розподільниками: ручне, ножне механічне; пневматичне; електричне; комбіноване.

Одна і та ж базова модель пневморозподільника може бути забезпечена різними керувальними елементами.

2.3.5.3. Моностабільний пневморозподільник

Пневморозподільники, які перемикаються в нормальну позицію за допомогою зворотних пружин, називають моностабільними. Нормальний для даної конструкції стан - нейтральна (вихідна) позиція.

Альтернативою складним за конструктивним виконанням розподільникам клапанного типу є золотникові розподільники. Так, 3/2-пневморозподільник золотникового типу можна використовувати і як нормально закритий, і як нормально відкритий. Якщо спробувати використовувати нормально закритий пневморозподільник клапанного типу як нормально відкритий, то в цьому випадку відбудеться самовільне відкриття клапана і повітря почне надходити в усі канали одночасно.

Зазвичай пневморозподільники, в конструкції яких закладена можливість використання їх в якості нормально відкритих або нормально закритих, мають два альтернативних позначення на бирці, з якою виробники постачають кожен апарат.

2.3.5.4. Золотникові розподільники, як правило, дозволяють пропускати через себе повітря і в зворотному напрямку. У тих випадках, коли стиснене повітря подається до виконавчих механізмів безпосередньо від

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пневморозподільників з механічним або ручним управлінням, кажуть про пряме управління.

Пневморозподільники, що керують виконавчими механізмами, також називають виконавчими. Пневматичне управління розподільниками використовують в тих випадках, коли необхідно здійснювати дистанційне керування їх роботою. Щоб розподільник був з пневматичним управлінням, в конструкцію вводять поршень, переміщення якого і приводить в рух запірний елемент.

У моностабільного пневморозподільника повернення запірно-регулювального елемента в початкове положення може здійснюватися не тільки за допомогою механічних пружин, а й під дією тиску стисненого повітря (пневматичної пружини). У деяких конструкціях повернення ЗРЕ в вихідну позицію здійснюється під дією, водночас, і механічної, і пневматичної пружин. Таке поєднання забезпечує більш високу стабільність і надійність перемикаання пневморозподільника.

У тих випадках, коли є технологічні обмеження на величину керувальних сигналів, застосовують розподільники з пневматичним посиленням керувального сигналу (пілотним керуванням). У таких конструкціях (в даному випадку це шляховий вимикач) зусилля перемикаання прикладається до невеликого допоміжного (пілотного) розподільника, функцією якого є подача пневматичного сигналу управління на основний пневморозподільник, безпосередньо здійснює комутацію зовнішніх пневмоліній. Оскільки площа клапана пілотного розподільника невелика, то зусилля, необхідне для перемикаання останнього, мінімально.

У тих випадках, коли потрібно контролювати будь-який об'єкт при його русі тільки в певному напрямку, застосовують розподільники з керуванням від «ламаного» важеля з роликом. Конструкція важеля виконана таким чином, що він впливає на штовхач пневморозподільника тільки в тому випадку, якщо рух

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

штока пневмоциліндра або іншого контрольованого об'єкта відбувається в певному напрямку. Пневморозподільник не спрацьовує при русі об'єкта в протилежному напрямку, оскільки важіль з роликом повертається на осі («ламається») і не передає керувальний вплив на штовхач.

Управління складними об'єктами з пневматичними приводами ґрунтується переважно на електричних та електронних системах, що мають широкі можливості збору, обробки інформаційних і формування керувальних електричних сигналів, і високу швидкодію. Незалежно від елементної бази керувальних систем (релейно-контактна або мікропроцесорна техніка), в силовій частині приводу застосовують пневматичні розподільники з електромагнітним керуванням. Запірно-регулювальний елемент в таких апаратах розташовують безпосередньо на торцях якоря, який поміщається в гільзу, угвинчену в корпус. Зовні гільза охоплюється приводною електромагнітною котушкою. Якщо електромагнітна котушка знеструмлена, якір притиснутий пружиною до сидла клапана, перекриваючи канал, по якому підводиться стиснене повітря; вихідний канал з'єднаний з атмосферою через пази на зовнішній поверхні якоря. Напруга на котушку подається через приєднувальний елемент - конектор, при цьому якір, переборюючи зусилля пружини, піднімається до сидла клапана, закриваючи канал виходу повітря в атмосферу і відкриваючи канал, з'єднаний з отвором для підведення стисненого повітря. Стиснене повітря подається в лінію споживача.

2.3.5.6. Пневморозподільники з електромагнітним приводом мають, як правило, ручне дублювання, що використовується зазвичай при пусконаладжувальних роботах або при пошуку відмови (якщо розподільник спрацьовує від елемента ручного управління, це свідчить про те, що не працює котушка). Вмикають пневморозподільник натисканням або повертанням спеціального пристрою, який механічно піднімає якір з сидла клапана.

Після перевірки працездатності розподільника елемент ручного управління необхідно виставити в положення, яке не перешкоджає вільному переміщенню якоря.

2.3.5.7. До моностабільних пневморозподільників, відноситься велика кількість трьох-позиційних розподільників. Зазвичай нормальною для них є середня позиція, в яку вони виставляються за допомогою двох пружин, центруючи їх запірно-регулювальний елемент.

Так, використовуючи 5/3-пневморозподільник з двостороннім пневматичним управлінням і закритою центральної позицією, можна забезпечити зупинку пневмоциліндра в будь-якому проміжному положенні.

2.3.5.8. Бістабільні пневморозподільники (з фіксацією положення).

Двох-позиційні пневморозподільники, які після зняття керувального зовнішнього впливу залишаються в позиції, яка визначається цим впливом, називають бістабільними (з пам'яттю позиції останнього перемикавання). Повернення їх у вихідну позицію здійснюється після подачі протилежного за значенням керувального сигналу. Як приклад, розглянемо відсічний нормально закритий 3/2- пневморозподільник з ручним керуванням, призначений для подачі стисненого повітря в пневмосистему і скидання з неї. Даний розподільник може перебувати в одній з двох можливих позицій перемикавання як завгодно довго, оскільки в його конструкції є відсутніми елементи, які однозначно визначають положення запірно-регулювального елемента. У бістабільних розподільників з пневматичним управлінням, що входять до складу пневмопривода, вихідна позиція визначається не особливостями конструкції, а зв'язками з елементами, які керують цими апаратами.

Бістабільні пневморозподільники здатні «запам'ятовувати» останній поданий сигнал управління. Оскільки площі керувальних поршнів в бістабільних пневморозподільниках однакові, то в тому випадку, коли в обох каналах управління розподільника присутні сигнали, він буде встановлюватися

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в позицію, яка визначається сигналом, який прийшов першим. Цю властивість бістабільних пневморозподільників часто використовують в пневматичних системах управління.

Якщо пневморозподільники, у яких органи управління ЗРЕ утримуються в робочих позиціях силами тертя, встановлюють на машинах з підвищеним рівнем вібрації, то їх положення повинно бути строго горизонтальним. В іншому випадку може статися мимовільне перемикання ЗРЕ в нижню позицію.

2.3.5.9. Бістабільні пневморозподільники з електропневматичним управлінням, по суті, являють собою комбінацію двох пілотних електрокеруваних 3/2-пневморозподільників і базового розподільника з двостороннім пневматичним управлінням. Стиснене повітря підводиться до пілотних розподільників, розташованих, як правило, на торцях базового розподільника, по спеціальних каналах, виконаних в корпусі останнього і сполучених з каналом живлення. При подачі напруги на одну з електромагнітних котушок спрацьовує відповідний пілотний розподільник, пропускаючи стиснене повітря до торця ЗРЕ основного розподільника, що призводить до перемикання останнього.

Іноді розподільники такого типу називають імпульсними, оскільки для їх спрацьовування досить подати короткочасний (імпульсний) керувальний сигнал.

2.3.5.10. Монтаж пневморозподільників

Способи монтажу пневматичних розподільників обумовлюються їх монтажно-комунікаційними параметрами, тобто варіантами приєднання зовнішніх пневмоліній, кріплення окремих апаратів і їх компонування в єдину систему. Монтаж може бути індивідуальним і груповим. При індивідуальному монтажі кожен апарат кріплять і під'єднують до системи без загальних комунікаційних і монтажних деталей, трубопроводів або каналів в корпусних деталях машин, вузлів, пристосувань, тощо.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індивідуальний монтаж може бути нарізним (трубним) або стиковим. При різьбовому монтажі пневморозподільники встановлюють на корпусних деталях машин і підключають до пневматичної системи за допомогою з'єднань, що угвинчуються безпосередньо в різьбові отвори, які передбачені в корпусі розподільника.

При стиковому монтажі, пневморозподільники, усі приєднувальні отвори яких розташовані з одного боку, встановлюють на спеціальні монтажні плити, через які здійснюються їх комутація з пневмосистемою і фіксація на технологічній установці. Такий спосіб монтажу дозволяє замінювати розподільники без демонтажу трубопроводів.

Якщо місця установки пневморозподільників не регламентовані, то розміщують їх якомога ближче до виконавчого механізму, що дозволяє підвищити швидкодію, зменшити непродуктивні втрати стисненого повітря і сумарну довжину трубопроводів. Зокрема, чим ближче розподільник встановлений до пневмоциліндра двостороннього дії, тим на більшу відстань (від блоку підготовки повітря до пневморозподільника) прокладають один трубопровід, а не два (від розподільника до циліндра).

2.3.5.11. Пневморозподільники з ручним керуванням, приводом яких служать важіль, рукоятка і т.п., монтують таким чином, щоб орган управління:

- 1) переміщався в будь-якій позиції, перебуваючи в межах досяжності оператора в нормальному положенні останнього;
- 2) не створював перешкод своїми переміщеннями робочим рухам оператора;
- 3) у зв'язку з особливостями свого розташування не примушував оператора вчиняти будь-які дії в безпосередній близькості від обертових або рухомих частин механізмів.

При груповому монтажі апарати кріплять і під'єднують до системи за допомогою загальних або уніфікованих монтажних і комунікаційних деталей.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрізняють блоковий і модульний груповий монтаж. Так блоковий монтаж здійснюють шляхом установки пневморозподільників стикового виконання на загальній багатомісній плиті, в якій виконані канали живлення і вихлопу. Якщо передбачається подальший розвиток пневматичної системи, то встановлюють плиту з резервними посадочними місцями, які закривають спеціальними заглушками.

Для модульного монтажу є характерним формування загальних каналів живлення і вихлопу при стикуванні бічних площин розподільників або монтажних плит. Окремі модулі з'єднують в блоки за допомогою стяжок або кінцевих плит. Ущільнювальні кільця круглого поперечного перерізу, встановлені в циліндричних розточуваннях приєднувальних отворів, які забезпечують герметичність з'єднань підвідних і відвідних каналів. Перевага такого способу монтажу полягає в тому, що в разі зміни конфігурації системи припускається збільшення або скорочення числа модулів, що складають блок, без порушення роботи тих модулів, що входять до його складу.

Найчастіше в складних системах з електропневматичними розподільниками застосовують блоковий монтаж. При цьому пневморозподільники, разом з електронними блоками, об'єднують в так звані пневматичні острови, які або керовані промисловими контролерами, або функціують автономно. Компактність розташування пневморозподільників значно спрощує пусконаладжувальні та ремонтні роботи і полегшує їх комунікацію з електронною системою управління.

2.3.5.12. Визначення параметрів пневморозподільників

Вибір пневморозподільника полягає в підборі типорозміру, що задовольняє необхідним параметрам: схемі комутацій потоків, виду управління, способу монтажу, габаритним розмірам, пропускній спроможності (витратні характеристики) і т.п.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб спростити процедуру підбору пневморозподільника, виробники пневматичного обладнання залучають до технічної документації дані по їх пропускну здатність.

Нині застосовують три способи завдання витратних характеристик.

1. Витратна характеристика виражається величиною об'ємної витрати Q_N [л / хв], при технічних нормальних умовах ($t = 20^\circ \text{C}$, $p_n = 101,3 \text{ кПа}$).

2. Витратна характеристика задається параметром, що характеризує опір розподільника. В якості такого параметра застосовують пропускну здатність K_v , що представляє собою витрату [м³ / год] рідини з щільністю 1 кг / дм³ (наприклад, води), що пропускається розподільником (або інший пристрій) при перепаді тиску на ньому 1 кгс / см².

За кордоном застосовують також параметр пропускну здатності C_v , що являє собою витрату води в американських чи англійських галонах за одну хвилину при перепаді тиску в 1 psi (фунт-сила на квадратний дюйм).

3. Витратна характеристика представляється у вигляді графіка, що відображає залежність об'ємної витрати повітря (при нормальних технічних умовах) через пневморозподільник від перепаду тиску на ньому при певному тиску на вході, або серією графіків для різних тисків на вході.

Слід зазначити, що розподільник, як конструктивний елемент, присутній не тільки в напрямній і регулювальній підсистемі, а й у логіко-обчислювальній та інформаційній підсистемах. При цьому він може або складати конструктивну частину елемента кожної з цих підсистем, або сам бути таким елементом.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Час спрацювання пневмопривода складається з часу подання команди на розподільник (час від натискання кнопки оператором до початку руху) t_1 , часу наповнення робочої порожнини пневмоциліндра повітрям t_2 , і часу руху поршня t_{II} . Після зупинки поршня в період часу t_{III} відбувається підвищення тиску в порожнині до $p_{роб}$. Якщо протилежна порожнина циліндра була під тиском $p_{роб}$, то воно змінюється до атмосферного. Для плавної зупинки робочих органів використовується пневмоциліндр з демпферами. Для розрахунку пневмосистеми приймаються такі припущення:

- не враховується об'єм “шкідливого простору” пневмоциліндра, включно з трубопроводами живлення, що складає в середньому до 30% об'ємну пневмоциліндра;

- не враховується час наповнення пневмоциліндра до рушання з місця. Сила тертя в пневмоциліндра з манжетами визначається, як:

$$P_{тр}^{III} = 0,1 (p_{роб} + 1) S_n \quad (1)$$

При розрахунку пневмоциліндрів задаються вихідні дані: P — зусилля на штоку від робочого органу, H ; L — хід поршня, m ; $t_{пр}$, $t_{об}$ — заданий час прямого та зворотнього ходу привода, s . Визначаються: D , $d_{шт}$ — діаметри циліндра та штока; d — умовний прохід трубопроводу живлення та розподільника; $V_{пр}$, $V_{об}$ — швидкість поршня при прямому та оберненому ході поршня. Загальне зусилля, що діє на шток, H :

$$P_{заг} = P + P_{тр}^{III} \quad (2)$$

де P — зусилля від робочого органу, H ;

$P_{тр}^{III}$ — сила тертя в пневмоциліндрі, H .

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо робочий тиск в пневмоциліндрі $p_{\text{раб}}$ (в МПа) подається у поршневу порожнину, то внутрішній діаметр, м:

$$D = \sqrt{4P_{\text{об}}/\pi p_{\text{раб}} 10^6} \quad (3)$$

Якщо тиск подається у штокову порожнину пневмоциліндра, то

$$D = \sqrt{4(P_{\text{об}}/\pi p_{\text{раб}} 10^6) + d_{\text{шт}}^2} \quad ,$$

де $d_{\text{шт}}$ — діаметр штока, м:

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{4P/\pi[\sigma] 10^2} \quad (4)$$

де $[\sigma]$ — припустиме напруження обраного матеріалу штока на розтягнення чи стискання, в залежності від умов роботи, МПа.

Довгі штоки $[L > (8 \div 10)d_{\text{шт}}]$ при розрахунку на стискання треба перевіряти на поздовжню стійкість:

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{4P/\pi[\sigma_{\text{ст}}]\varphi \cdot 10^2} \quad (5)$$

де φ – коефіцієнт, який враховує гнучкість штока.

За знайденим внутрішнім діаметром циліндра D за ДСТУ підбирають циліндр і діаметр. Обраний діаметр перевіряють за параметром навантаження, приймаючи $P_{\text{заг}}$ в Н; $p_{\text{раб}}$ в МПа, S_n в м²:

$$\varphi = P_{\text{заг}}/10^6 p_{\text{раб}} S_n \quad (6)$$

Рекомендується $\varphi = 0,5 \div 0,65$. Значення φ , менші за рекомендовані, вказують на невиправдано підвищений розмір D , що пов'язано зі збільшенням габаритів циліндра та витратою повітря. Великі значення ($\varphi > 0,65$) можуть призвести до порушення плавності ходу поршня, чи його зупинки. Хід поршня

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

L обирається, виходячи з кінематики механізму керування робочим органом. При прямому з'єднанні штока з робочим органом хід поршня дорівнює переміщенню робочого органу, а при пневмо-важільній системі необхідно враховувати співвідношення плечей важелів. По заданому часу спрацювання та ходу поршня визначають швидкість поршня, м/с:

$$V=L/t \quad (7)$$

Рекомендовані значення швидкостей складають $V = 0,08 \div 1$ м/с.

Для нормалізованих циліндрів $V = 0,1 \div 0,41$ м/с. При $V > 0,41$ м/с доцільно застосовувати гальмівні золотники, або пневмогідрравлічні амортизатори.

Знаючи V , знаходимо кінетичну енергію E системи:

$$E = mV^2/2 \quad (8)$$

де m – маса рухомих частин, приведена до поршня, кг; V – швидкість, м/с.

При $E > 0,3$ кгм/с рекомендується пневмоциліндр з демпфіюванням. Витрата стисненого повітря для обраного i -го циліндра, м³/с:

$$W_i = V_{ni}/t_i = S_n L_i/t_i \quad (9)$$

де V_{ni} – об'єм поршневої порожнини, м³;

S_n — площа, м²;

L_i — хід поршня, м;

t_i — заданий час руху поршня, с.

Внутрішній діаметр трубопроводу і пневморозподільника, м²:

$$d_{mi} = \sqrt{4W_i/\pi v} \quad (10)$$

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість повітря $V = 10 \div 25$ м/с.

Пересічна витрата повітря при атмосферному тиску для усієї установки, м/с:

$$W = 1 \sum k_i W_i p_{\max} 10^6; i = 1, n \quad (11)$$

де k_i – пересічна кількість вмикань i -го циліндра за 1 годину;

n – кількість працюючих пневмоциліндрів установки; P_{\max} – тиск повітря, МПа.

Подача компресора, м³/с:

$$\Pi = 3600 \beta W \quad (12)$$

де β — коефіцієнт запасу, який враховує нерівномірність роботи системи і витоку ($\beta = 1,3 \div 1,4$).

Об'єм ресивера, м³:

$$V_p = \alpha W t / (p_{\max} - p_{\min}) 10, \quad (13)$$

α — коефіцієнт запасу ($\alpha = 3 \div 8$);

W – секундна витрата стисненого повітря пневмосистеми, $\text{м}^3/\text{с}$; t – час, необхідний для підкачування ресивера ($t = 20 \div 30 \text{ с}$);

p_{max} – максимальний тиск в ресивері, МПа;

p_{min} – мінімальний тиск в ресивері, МПа (зазвичай $p_{\text{max}} - p_{\text{min}} \approx 0,35$)

3.1. Розрахунок головного (силового) пневмоциліндра

Виконуємо розрахунки. Згідно з вихідними даними, тиск живлення — 2...6 бар (1 бар = 1 Атм $\approx 10^5$ Па). Максимальна амплітуда коливань — 250 мм.

Максимальна частота коливань — не менше 5 Гц. Оскільки за умовами завдання зусилля на штоці визначається діаметром поршня, вирішуємо зворотню задачу: визначення зусилля за геометричними параметрами і тиском повітря в системі. Звертаємося до стандарту ГОСТ 6540-68 (український замінник не знайдено). В ньому дано нормалізоване значення тиску найближче до заданих: $P_{\text{ном}} 0,63$ МПа (тобто 6,3 бар). Задана максимальна частота коливань $\nu = 5$ Гц дозволяє обчислити час робочого циклу $T = 1/\nu = 0,2$ с. Тобто час ходу поршня в один бік (час спрацювання) буде $t_c = T/2 = 0,1$ с. За часом спрацювання і ходом поршня визначається швидкість поршня $V_o = L/t_c$. Припустимо, що хід поршня дорівнює заданій максимальній амплітуді коливань $L = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}$. Тоді

$V_o = 0,25/0,1 = 2,5 \text{ м/с}$. (Зазначимо, що V_o є усередненою швидкістю, оскільки насправді значення швидкості руху поршня нелінійно залежить від часу, і змінюється від нульової в момент рушання з місця до максимальної наприкінці ходу. На графіку, Рисунок 2, зображено діаграми тиску P і швидкості поршня V ,

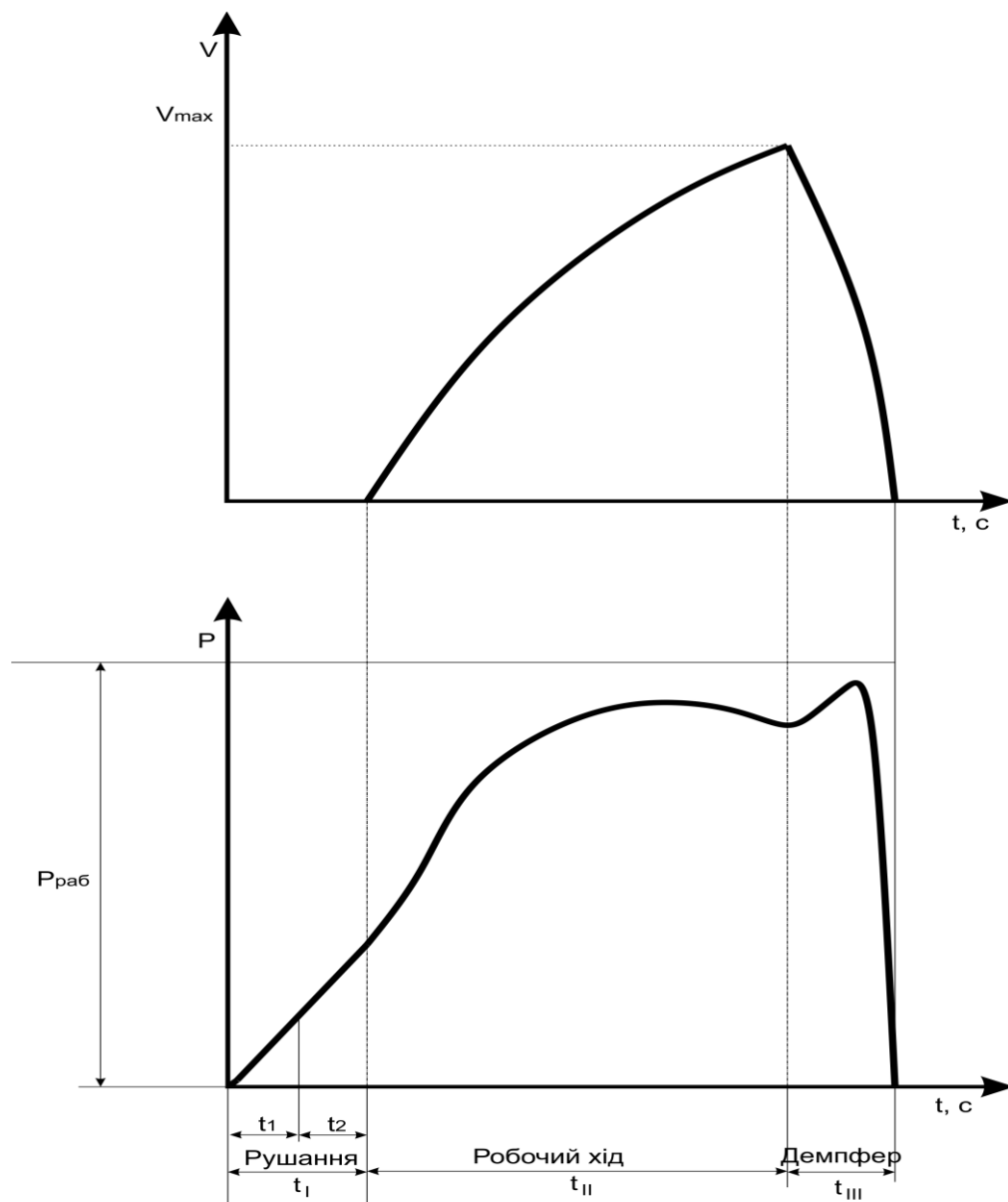


Рисунок 2 - Зразок діаграм залежності величини тиску P і швидкості поршня V від часу (якісна характеристика)

Отримані за результатами вимірювань під час натурних випробувань пневмопривода. За нульовий момент часу обрано початок відкриття клапана і пуску повітря у порожнину циліндра. З діаграм видно, що тиск всередині поршня спочатку лінійно зростає до моменту рушання поршня з місця. Видно, що рушання поршня відбувається з певним запізненням на відрізок часу t_1 , який в свою чергу розбитий на два відрізки, t_1 — час заповнення стисненим повітрям порожнини над поршнем, і t_2 — проміжок часу, необхідний для зрушення

поршня з місця, який визначається часом досягнення у внутрішньо-циліндровому просторі такої величини тиску в магістралі $P_{руш}$, яка створює зусилля на поршні, достатнє для подолання сили тертя та опору корисного зусилля, яке діє на шток, до моменту зрушення поршня з місця.

На ділянці t_{II} відбувається розгін поршня: спочатку практично за лінійним законом; потім набір швидкості уповільнюється з-за падіння тиску повітря у внутрішньо-циліндровому просторі (як наслідок збільшення об'єму, викликаного рухом поршня). Потік повітря “відстає” від поршня, який швидко рухається, і величина тиску спадає нижче його величини у магістралі живлення. Швидкість продовжує зростати, хоча і зі зменшеним прискоренням, до моменту зіткнення поршня з демпфером наприкінці його ходу.

Демпфер є обов'язковим компонентом циліндрів зі швидкохідними поршнями — для уникнення пошкоджень конструкції різкими ударами поршня у торець циліндра. Швидкість нелінійно спадає до нуля по мірі деформування демпфера і поглинання енергії поршня на протязі проміжку часу t_{III} . Тиск спочатку зростає, оскільки збільшення внутрішньо-циліндрового вільного об'єму припиняється, і потік повітря “наздоганяє” поршень. Величина тиску в циліндрі прагне вирівнятися з величиною тиску у магістралі живлення. Але тим часом відкривається випускний клапан, і повітря витікає у навколишнє середовище, доки тиск не вирівняється з атмосферним. Після чого у пневмоциліндрі односторонньої дії поршень повертається у вихідне положення силою пружини, встановленої з цією метою. А у циліндрі двосторонньої дії регулятор закриває випускний клапан і подає стиснене повітря у простір з іншого боку поршня — цикл повторюється у зворотньому напрямі. Величини фаз руху поршня приблизно такі:

$$t_I = 0,2t; t_{II} = 0,75t; t_{III} = 0,05t.$$

Щоправда ці величини є орієнтовними і можуть суттєво відрізнятися, в залежності від конструктивного виконання пневмопривода і умов його роботи.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки умови завдання передбачають вибір діаметра циліндра виконавцем самостійно, обираємо його з основного ряду розмірів, рекомендованого держстандартом ГОСТ 6540-68, а саме 100 мм. Розраховуємо загальне зусилля $P_{\text{заг}}$, що діє на поршень при подачі тиску у поршневу область циліндра, користуючись формулою (3). Виходячи з неї, можна отримати формулу для обчислення $P_{\text{заг}}$: $D^2 = 4 \cdot P_{\text{заг}} / \pi \cdot p_{\text{роб}} \cdot 10^6$; отже $P_{\text{заг}} = \pi D^2 / 4 \cdot 10^6 \cdot p_{\text{роб}} = 4948 \text{ Н} \approx 5000 \text{ Н}$.

Підбираємо параметри штока. В якості матеріалу вибираємо леговану Сталь 30ХГСА з напруженням межі пропорційності $\sigma_{0,2} = 760 \text{ МПа}$ (для прутка $\varnothing 75 \text{ мм}$), згідно з формулою (4):

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{4P / \pi [\sigma_{0,2}] \cdot 10^2} = \sqrt{4 \cdot 5000 / (\pi \cdot 760 \cdot 100)} = 0,0289 \text{ м}.$$

Обираємо діаметр штока з основного ряду розмірів, рекомендованого держстандартом ГОСТ 6540-68. Найближчим, більшим за нього діаметром буде:

$d_{\text{шт}} = 0,032 \text{ м} = 32 \text{ мм}$. Значення ходу поршня в основному ряді розмірів, рекомендованому держстандартом ГОСТ 6540-68, в точністю співпадає з амплітудою коливань, заданою у даному завданні, а саме 250 мм. Його і обираємо, як хід поршня $s = 250 \text{ мм}$.

Обчислюємо витрату повітря через циліндр. Робочий обсяг повітря визначимо, як добуток площі поршня на хід: $V = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot s = \pi \cdot 0,1^2 / 4 \cdot 0,25 = 0,0019 \text{ м}^3$. Вважаємо це витратою за один хід поршня. Щоб визначити секундну витрату, ділимо отриманий об'єм на час циклу: $Q = V / T = 0,0019 / 0,1 = 0,019 \text{ м}^3/\text{с}$. В перерахунку на літри за хвилину це складатиме 1178 л/хв. Підбираємо розміри клапанів і труб живлення згідно ГОСТ 11881-76 «ГСП. Регулятори, работающие без использования постороннего источника энергии». Згідно з наведеними там таблицями розрахунку параметрів, для величини витрати до 1250 л/хв рекомендується розмір клапана 1/4" (тобто 1/4 дюйма), а діаметр труби живлення 10/8 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

НАЗВА ДОКУМЕНТУ

Арк.

37

Розміри і тип зворотніх клапанів підбираємо згідно ГОСТ 19622-91 “Клапаны обратные гидравлических систем летательных аппаратов”, як такі, що найближче підходять за призначенням. бираємо типорозмір 4-10 ГОСТ 19622-91, сталевий штуцер із штуцерами згідно ГОСТ 13955.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВИБІР КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір конструктивної схеми силового пневмоциліндра

Оскільки нині існує велике різноманіття конструктивних схем пневмоциліндрів, необхідно обрати саме таку, що якнайліпше відповідатиме умовам поставленої задачі. Оскільки вимагається порівняно висока частота коливань, доцільно обрати пневмоциліндр двосторонньої дії, щоб не тільки прямий (робочий), а й зворотній хід поршня відбувався під дією стисненого повітря — а отже й з найменшими витратами часу. Далі, силовий пневмоциліндр в обраній нами конструктивній схемі приводить в дію робочий орган (інструмент, тощо) не напряму, а за посередництвом важільного механізму, зі змінною амплітудою. Пропонується під'єднати шток пневмоциліндра до куліси важільного механізму за допомогою шатуна. А шатун передаватиме на шток, а через нього і на поршень, не тільки осьові, а й радіальні навантаження, суттєві за величиною. При одно-штоковому виконанні шток, під дією радіальних навантажень, діятиме, як важіль, що намагається вивернути поршень — тим самим суттєво прискорюючи знос деталей пневмоциліндра і створюючи загрозу його поломки. В таких умовах доцільно застосувати двох-штокову схему, при якій пневмоциліндр стає повністю симетричним. Тільки робочий інструмент приєднується до штока з одного боку. А шток з протилежного боку служить виключно для сприйняття радіальних навантажень. При такій схемі картина навантажень виявляється найбільш сприятливою з усіх можливих. Далі, швидкість поршня (осереднена) $V_o = 2,5$ м/с, що значно більше рекомендованого діапазону $V_o = 0,1...0,41$ м/с. Оскільки дане значення швидкості неможливо зменшити з-за вимоги забезпечити задану частоту коливань (≥ 5 Гц), необхідно застосувати конструктивні заходи демпфірування ударів поршня наприкінці ходу. Принципова схема запропонованого пневмомеханічного генератора показана на Рисунку 2.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

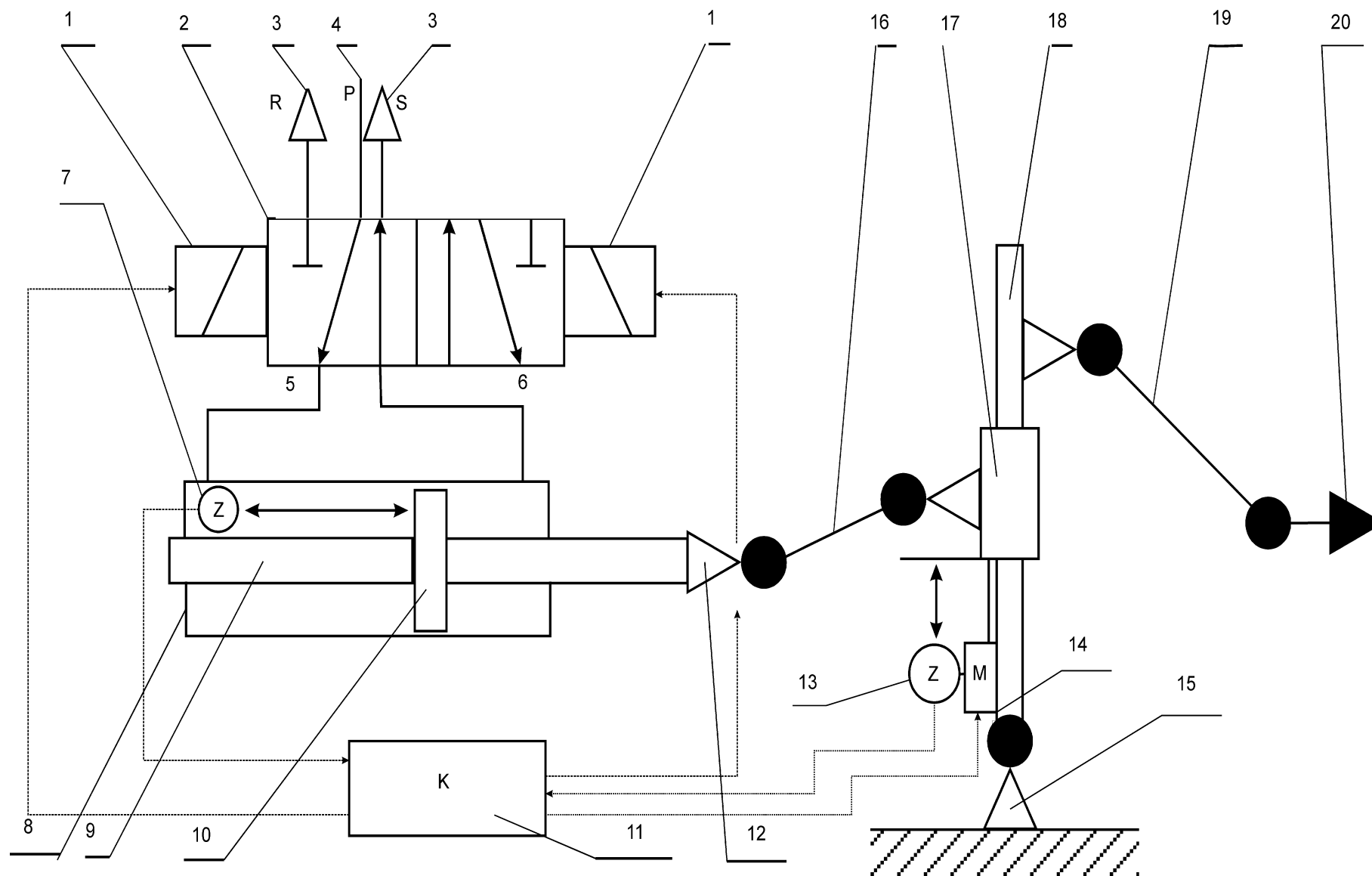


Рисунок 2 - Пневмомеханічний генератор коливань. Принципова схема пристрою

На рисунку показано: 1 – електромагніт; 2 – бістабільний пневморозподільник 5/2 з електромагнітним керуванням; 3 – лінії вихлопу; 4 – лінія живлення стисненим повітрям; 5 лінія споживача (у камеру робочого ходу силового паневмоциліндра); 6 – лінія споживача (у камеру зворотнього ходу силового пневмоциліндра) 7 – ультразвуковий датчик положення силового пневмоциліндра (для вимірювання частоти); 8 – силовий пневмоциліндр; 9 – прохідний шток силового пневмоциліндра; 10 – поршень силового пневмоциліндра; 11 – контролер керування; 12 – шарнір; 13 ультразвуковий датчик положення позуна (для вимірювання амплітуди робочого ходу); 14 – сервопривод; 15 – жорстко закріплена шарнірна пара куліси; 16 – шатун силового пневмоциліндра; 17 – повзун; 18 – куліса; 19 – шатун куліси; 20 – робочий орган.

В фаховій літературі зазначається, що при подібних значеннях швидкості демпфірування за допомогою тільки еластичних елементів недостатньо. І для подібних випадків рекомендується застосування так званого “повітряного демпфірування”. Воно полягає в тому, що в кришці циліндра влаштовують спеціальну камеру, з ущільнювальною манжетою і дросель зі зворотнім клапаном. А на штоці — спеціальну втулку демпфера (подобу поршня), з геометричними параметрами, що відповідають розмірам демпферної камери. Через зворотній клапан стиснене повітря, що підводиться до поршня, вільно потрапляє всередину демпферної камери. Поршень рухається до кришки з демпферною камерою з максимальною швидкістю — доти, доки втулка демпфера не дійде до ущільнювальних манжет демпферної камери. На початку контакту демпферної втулки з демпферною камерою відбувається “замикання” певного об'єму повітря в камері. Повітря може виходити тільки через регульований отвір малого діаметру у дроселі. Кінетична енергія руху поршня починає витрачатися на стискання повітря у камері, підвищення його тиску і нагрів. Швидкість поршня починає стрімко падати, і ступінь падіння швидкості є тим більшим, чим меншим є отвір у дроселі. Швидкість згасає практично до нуля, і поршень доходить до стінки кришки

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

практично без удару. Решта енергії гаситься еластичним елементом в кінці ходу поршня. При зворотньому ході зворотній клапан відкривається, крізь нього вільно проходить стиснене повітря, яке швидко розганяє поршень у зворотньому напрямку.

Силовий пневмоциліндр складається з трьох основних вузлів: збірка поршня зі штоками; профіль (стінка циліндра з поздовжніми отворами під болти кріплення; кришки з ущільнювальними елементами та пневмоарматурою.

За умовами завдання необхідно забезпечити монтаж на пневмоциліндрі (зовні) ультразвукового датчика положення. Одним з найбільш поширеним нині способом кріплення усілякого вимірювального, розподільчого та керуючого обладнання є кріплення через так звану DIN-рейку (тобто профіль за німецьким промисловим стандартом). Включення до конструкції додаткової конструкції, власне, самої рейки, було б непотрібним ускладненням. Тому пропонується виконувати фрезерування профілю, що відповідає DIN-рейці, безпосередньо у матеріалі кришки. Обираємо профіль згідно ГОСТ Р МЭК 60715-2003 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на рейках электрических аппаратов в низковольтных комплектных устройствах распределения и управления». Як найбільш поширений, обрано типорозмір TH-35. Цей профіль фрезерується, умовно, “нагорі” кришки. З протилежного боку на кришці передбачено спеціальні полицьки з отворами під болти для кріплення пневмоциліндра до елементів конструкції — згідно з цільовим призначенням пневмоциліндра.

Вузол поршня складається з двох половинок штока, двох поршневих дисків з проточуванням під ущільнювальні кільця, двох демпферних втулок, однієї розпірної втулки. Складання поршня полягає в тому, що демпферна втулка, поршневий диск з кільцями та розпірна втулка насаджуються на половинку штока з його внутрішнього боку. Після чого дві половинки штока згвинчуються одна з одною за допомогою гвинтового з'єднання. Половинки штока майже ідентичні

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щодо геометрії, за винятком того, що на внутрішньому торці однієї половинки штока є циліндричний штир з різьбою, а у внутрішньому торці другої половинки — різьбовий отвір з такими саме параметрами різьби. На кінцях штока, на циліндричній поверхні, фрезеровані спеціальні лиски, під гайковий ключ, для стягування різьбового з'єднання половинок штока.

4.2. Вибір конструктивної схеми пілотного пневмоциліндра

Використовується двохпозиційний електропневматичний розподільник. В корпусі якого розміщено золотник з двома поясками. Пояски можуть перекривати канали в корпусі. Переключення позицій відбувається завдяки електромагнітам.

Пропонується така конструктивна схема розподільника. Корпус (циліндр) являє собою тонкостінну трубку з алюмінієвого сплаву, до якої приварені бонки і в них, разом зі стінками циліндра просвердлені отвори з різьбою. Бонки є необхідними, оскільки товщина стінок є надто малою для надійного кріплення деталей на різьбі. Розміщення отворів з різьбою: в верхній (умовно) частині посередині — один, для вхідного штуцера стисненого повітря. В нижній (умовно) частині, симетрично відносно поперечної площини симетрії циліндра, ближче до торців — по одному отвору з кожного боку, в кожний з яких загвинчується вихідний штуцер стисненого повітря; один — який веде до камери робочого ходу силового пневмоциліндра, другий — веде до камери зворотнього ходу силового пневмоциліндра. На бічній поверхні корпуса, ближче до одного з торців — різьбовий отвір для кріплення датчика положення. На торцях пневмоциліндра встановлені кришки з діамантного матеріалу. Ззовні кожної кришки встановлено електромагніт. З внутрішнього боку кришки у спеціальному кільцевому пазі встановлено демпфірувальне кільце з еластичного матеріалу для демпфірування ударів поршня у кришку. Кришки стягуються чотирма спеціальними болтами і тримають у зборі всю конструкцію. В середині циліндра знаходиться золотник з

поясками, в якості якого застосовано безштоковий поршень. Поршень являє собою два поршневі диски з феромагнітного матеріалу, з канавкою на бічній (циліндричній) поверхні кожного, у якому встановлено ущільнювальне кільце. Поршні розділені між собою розпірною трубкою і стягнуті болтом з гайкою, який утримує всю конструкцію поршня у зборі. Геометрія поршня підібрана таким чином, що при його перебуванні в якомусь крайньому положенні (наприклад, в умовно правому положенні) лівий диск розділяє центральний вхідний канал і лівий вихідний канал, отже, повітря з вхідного каналу не може потрапити до лівого вихідного каналу. І навпаки. Пристрій працює таким чином. Під дією правого (умовно) магніту золотник пересувається до правого торця, доки правий поршневий диск золотника не пройде повз правий вихідний канал. Вхідний канал і умовно правий вихідний канал виявляються в одному і тому самому об'ємі, обмеженому поршневими дисками. Тому повітря вільно перетікає із вхідного каналу у правий вихідний канал — і далі у камеру робочого ходу пневмоциліндра. Під дією свіжої порції стисненого повітря поршень силового пневмоциліндра виконує робочий хід, приводячи в дію робочий орган. Натомість, лівий вихідний канал виявляється відокремленим від вхідного каналу лівим поршневим диском, і повітря до нього не перетікає. Далі відбувається перемикання живлення електромагнітів, яке подається тепер на умовно лівий електромагніт. Золотник пересувається вліво, до крайнього положення біля лівого електромагніта. Правий поршневий диск перекриває потік повітря до правого вихідного каналу. Натомість лівий поршневий диск проходить повз отвір лівого вихідного каналу. Вхідний канал і умовно лівий вихідний канал виявляються в одному і тому самому об'ємі, обмеженому поршневими дисками. Тому повітря вільно перетікає із вхідного каналу у лівий вихідний канал — і далі у камеру зворотнього ходу пневмоциліндра. Під дією свіжої порції стисненого повітря поршень силового пневмоциліндра виконує зворотній хід, відтягуючи назад робочий орган. Описана

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовність дій циклічно повторюється. Частота роботи електропневматичного розподільника регулюється зміною частоти живлення електромагнітів.

4.3. Вибір стандартних частин

Вибір ущільнювального кільця поршня силового циліндра

Вибір здійснюється згідно з державним стандартом ГОСТ 9833-73 “Кольца резиновые, уплотнительные, круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств. Конструкция и размеры”. Для номінального діаметра (внутрішнього діаметра циліндра) 50 мм обираємо кільце з діаметром перетину

$d_2 = 4,6$ мм. Для номінального діаметра $D=50$ мм йому відповідає стандартний типорозмір кільця 042-050-46. Внутрішній діаметр кільця $d_1 = 41$ мм. Ширина канавки b під ущільнювальне кільце на поршні для даного типорозміру складає 5, 2 мм. Кут ухилу стінок канавки $\alpha=0...5^\circ$.

4.4 Вибір допусків і посадок

Вибір допусків і посадок здійснюємо згідно ГОСТ25346-2013

Для рухомих пар у пневматичних вузлах («циліндр-поршень», тощо) використовуємо посадку «руху» H6/g5, яка характеризується малим гарантованим зазором, величина якого все ж достатня для вільного переміщення деталей.

Для шарнірів (підшипників ковзання) шатунів застосовуємо посадку високої точності H7/f6, оскільки такі посадки характеризуються середнім гарантованим зазором, достатнім для забезпечення вільного обертання підшипників.

Для пари «повзун-куліса», на поверхнях їх ковзання обираємо посадку зниженої точності H8/f8, оскільки в цьому вузлі важливо усунути зайвий опір пересуванню повзуна.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗДІЛ ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

В даній роботі будуть розглянуті загальні питання охорони праці про умови роботи під час проектування дипломної роботи.

5.1 Загальна характеристика мікроклімату робочої зони

По причині карантину в Україні, на момент написання дипломної роботи, робочою зоною являлась кімната будинку, яка була моїм постійним робочим місцем. Величини показників мікроклімату у робочій зоні порівнюються з оптимальними показниками умов мікроклімату приміщень.

Основні параметри мікроклімату

Період року	Температура, °C			Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Дійсна
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	21-24	23	21	40-60	55
Теплий	23-28	28	23	40-60	45

Середня температура приміщення в теплий період року дорівнює 25 °C, відносна вологість повітря 43%.

У холодний період року, середня температура складає 22 °C. Значення відносної вологості дорівнює 55%.

Усі параметри мікроклімату приміщення в теплий та холодний період року знаходяться в діапазоні оптимальних значень, тому можна зробити висновок, що мікроклімат приміщення є сприятливим для праці.

5.2 Освітлення робочого приміщення

Основним чинником зовнішнього середовища, що впливає на організм людини в процесі праці є освітлення. Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці, при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, розлад гостроти зору, світлові відблиски – тимчасове засліплення.

Приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення, проте природньому освітленню властиві і недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору

Штучне освітлення передбачається в усіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень у темний період доби, під час якого також проводилась робота над дипломним проектом. При розрахунку штучного освітлення було забезпечено сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи над дипломним проектом.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

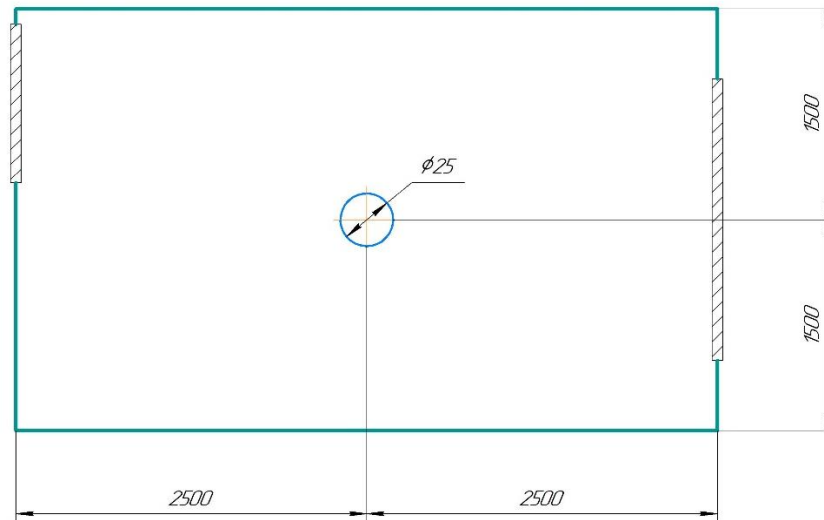


Рисунок: Схема розташування світильників у робочому приміщенні

На підставі характеристики системи освітлення і розмірів приміщення визначимо фактичну освітленість у приміщенні. Для цього визначаємо індекс приміщення і по формулі:

$$i = \frac{a * b}{h_c * (a + b)} = \frac{5 * 3}{1.2 * (5 + 3)} = 1.56$$

де $a = 5\text{м}$ і $b = 3\text{м}$ – довжина і ширина приміщення,

$h_c = 1,2\text{м}$ – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Виходячи з індексу приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стелі, стін і підлоги ($\rho_{\text{сл}}$, $\rho_{\text{сн}}$, $\rho_{\text{п}}$), визначили коефіцієнт використання світлового потоку η . Стеля приміщення свіжопобілена $\rho_{\text{сл}} = 70\%$, стіни мають світло-зелений колір $\rho_{\text{сн}} = 50\%$, підлога з дубового паркету $\rho_{\text{п}} = 30\%$. Висота робочої поверхні h_p становить $0,8\text{м}$.

Для встановленої системи освітлення визначимо нормоване значення освітленості, яке залежить від характеристики зорової роботи при роботі над дипломною роботою: $s_o = 3\text{мм}$ – мінімальний розмір об'єкта, що розпізнається, характеристика фону – світла, контраст об'єкта розпізнавання з фоном – великий.

З заданих параметрів можемо встановити, що $E_n = 200\text{лк}$

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з типу ламп а саме світлодіодна лампа Videx G45e потужністю 7 Вт, світловий потік відповідатиме значенню $F_{\text{л}} = 700\text{лм}$.

Визначаємо фактичне значення освітленості в приміщенні $E_{\text{ф}}$ за формулою:

$$E_{\text{ф}} = \frac{F_{\text{л}} * N * n * \eta}{S * k_3 * z},$$

Де $N = 1$ – кількість світильників, од.,

$n = 1$ – кількість ламп в світильнику, од.,

$\eta = 0,56$ – коефіцієнт використання світлового потоку,

$S = 15 \text{ м}^2$ – площа приміщення,

$k_3 = 1,5$ – коефіцієнт запасу,

$z = 1$ – коефіцієнт нерівномірності.

$$E_{\text{ф}} = \frac{700 * 1 * 1 * 0,56}{15 * 1,5 * 1} = 17,42\text{лк}$$

Порівняємо фактичне значення освітленості, що створює у приміщенні задана система загального штучного освітлення, з нормативним значенням штучного освітлення робочої зони:

$$\frac{E_{\text{н}} - E_{\text{ф}}}{E_{\text{н}}} * 100\% = \frac{200 - 17,42}{200} * 100\% = 91\%$$

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що освітленість в приміщенні не достатня, саме тому використовується ще місцеве освітлення.

5.3 Електробезпека

Кімната гуртожитку є не виробничим приміщенням. Світильник надійно підвішений до стелі й має світлорозсіювальну арматуру. Корпуси й кришки електровимикачів і електророзеток не мають відколів і тріщин, а також відсутні оголені контакти.

Основні причини нещасних випадків, пов'язаних із дією електричного струму, можна об'єднати у такі групи

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- випадкове доторкання до струмопровідних частин, що перебувають під напругою;
- несправність захисних засобів, якими потерпілий доторкався до струмопровідних частин;
- поява напруги на металевих частинах електрообладнання унаслідок пошкодження ізоляції струмопровідних частин електрообладнання, замикання фази на землю тощо;
- виникнення крокової напруги навколо струмопровідної лінії, яка торкається землі, на її поверхні або підлозі, де стоїть людина, унаслідок замикання проводу на землю чи несправності заземлення.

Отже, щоб звести до мінімуму ризик ураження електричним струмом, перед тим, як вмикати електроприлад, необхідно;

- візуально перевірити електрошнур на наявність механічних ушкоджень;
- при необхідності електроприлади мають бути надійно заземлені згідно з правилами їх встановлення;
- не працювати з електроприладами вологими руками;
- не залишати електроприлади без нагляду на тривалий час;
- після закінчення роботи перевірити, чи всі прилади вимкнені;
- у разі виявлення несправності негайно викликати електрика.

5.4 Пожежна безпека будинку

У дипломній роботі для забезпечення пожежної безпеки в приміщенні, в якому відбувався процес створення дипломної роботи, передбачено проведення ряду заходів.

У будинку для забезпечення протипожежного захисту дотримуються таких документів:

1. Кодекс цивільного захисту України;
2. Нові Правила пожежної безпеки в Україні 2014. НАПБ А.01.001- 2014;

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Правила пожежної безпеки для закладів, установ і організацій системи освіти України.

Пожежна небезпека будинку полягає у:

- відсутності пожежної спеціальної техніки, необхідної для евакуації людей;
- темних та незручних евакуаційних виходах, що значно ускладнює їх використання;

Основні запобіжні заходи і правила пожежної безпеки при експлуатації електричних та нагрівальних приладів, що використовуються у побуті, такі

- нагрівальні прилади можна встановлювати тільки на негорючі підставки;
- забороняється залишати прилади, що включені, без нагляду;
- забороняється включати в одну розетку одночасно декілька приладів;
- необхідно спостерігати за щільністю контактів в місцях приєднання проводів приладів до вилок, клем між собою тощо;
- небезпечно замінювати запобіжники, що перегоріли, в приладах саморобними або плавкими запобіжниками;

Таким чином при розробці даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці:

1. Мікроклімат робочого середовища;
2. Освітлення робочого місця;
3. Електробезпека;
4. Пожежна безпека будинку.

Також було проведено розрахунок освітленості робочого місця і надано рекомендації, щодо збільшення освітленості кімнати. Загалом умови праці на робочому місці та загальна безпека приміщення відповідає основним нормам.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

ЛІТЕРАТУРА

1. Мардегаліамов М.М. Влияние геометрии резонатора Гельмгольца на его собственные колебания/Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) Федеральный Университет»/Казань – 2016/ 36 с. (інтернет-публікація)

2. Булгаков Б.Б., Кубрак А.И. Пневмоавтоматика. — Киев: «Техніка», 1977, — 192 с.

3. Бабин А.И., Санников С.П. Автоматизация технологических процессов. Элементы и устройства пневмогидроавтоматики. (Учебное пособие). — Екатеринбург: Урал. Гос. Лесотехн. ун-т, 2002. — 144 с.: ил.

4. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчёт пневмоприводов. Справочное пособие. М. Машиностроение, 1975. — 272 с.: ил.

5. Волосатов В.А. Элементы пневмопривода. Л.: Лениздат, 1975. — 138 с.: ил.

6. Комкин А.И. Оптимизация реактивных глушителей шума//Акуст. Журн. 2010. Т. 56 № 3. с. 373 — 379.

7. Пневматические устройства и системы в машиностроении: Справочник/Е.В, Герц, А.И. Кудрявцев, О.В, Ложкин и др. Под общ. ред. Е.В, Герц — М.: Машиностроение, 1981. — 408 с., ил.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

НАЗВА ДОКУМЕНТУ

Арк.

52